

## OBSERWACJE HYDROGEOLOGICZNE NA WIERCENIACH SUROWCOWYCH

UDOKUMENTOWANIE i zatwierdzenie zasobów złóż surowców mineralnych wymaga m. in. również ustalenia warunków hydrogeologicznych złoża. Warunki te na ogół przedstawione są w dokumentacji hydrogeologicznej, którą wykonuje się przeważnie na podstawie badań przeprowadzonych w specjalnie do tego celu odwierconych otworach.

Wiercenia surowcowe, a zwłaszcza obrotowe z płuczką łożową, nie są wykorzystywane do obserwacji hydrogeologicznych. Z tego też powodu często stawiane dokumentatorom zarzuty niewykorzystywania do badań hydrogeologicznych otworów surowcowych są uzasadnione i słuszne. Jakkolwiek prowadzenie obserwacji w tych otworach jest utrudnione ze względu na obecność płuczki, to jednak wykonanie pewnych obserwacji jest możliwe i celowe.

Dokonywane w sposób konsekwentny i stały spostrzeżenia hydrogeologiczne mogą dać dużo cennego materiału nie podwyższając kosztów. W rezultacie mogą podnieść dokładność rozpoznania hydrogeologicznego terenu i wartość opracowanej dokumentacji, a niejednokrotnie pozwolą nawet na zmniejszenie ilości specjalnych otworów hydrogeologicznych.

Rozpowszechniona u nas metoda polegająca na tym, że dla ustalenia warunków hydrogeologicznych złóż surowców mineralnych wykonuje się badania na jednym lub kilku hydrowęzłach, a następnie uzyskane wyniki uogólnia się na dość znaczne przestrzenie, często pozwala wątplić w prawidłowość wniosków hydrogeologicznych.

Natomiast wyniki obserwacji w otworach surowcowych w połączeniu z danymi uzyskanymi w czasie badań na hydrowęzłach i pojedynczych otworach hydrogeologicznych dadzą na pewno materiał do znacznie lepszych opracowań hydrogeologicznych.

Niżej zostaną omówione możliwości prowadzenia obserwacji hydrogeologicznych w otworach surowcowych wykonywanych obrotowo z zastosowaniem płuczki łożowej lub wodnej. Będą omówione oczywiście tylko te obserwacje, które nie wpływają w sposób istotny na przebieg i czas wiercenia, a mogą dać wartościowe dane odnośnie do warunków występowania wód podziemnych na terenie złoża. W związku z tym można wymienić następujące obserwacje:

1. Poziom wody dynamiczny i statyczny (nawiercony i ustalony).
2. Ilość wchłanianej przez otaczające skały płuczki.
3. Samowypływy wody.
4. Temperatura wody.
5. Nagłe, nieprzewidziane skoki (zapadanie) narzędzia wiertniczego.
6. Uzysk rdzenia.

Jak widać, część z nich to nie są obserwacje typowo hydrogeologiczne, lecz tylko takie, które pośrednio mogą charakteryzować wodonośność i wodoprzepuszczalność przewierconych skał. Tak np.: im większa jest ucieczka płuczki, tym bardziej — na danym odcinku — skała jest spękana, szczelinowata lub bardziej porowata w przypadku skał luźnych. Analogicznie przedstawia się sprawa z uzyskaniem rdzenia: im bardziej spękana lub szczelinowata skała, tym uzysk rdzenia jest mniejszy. Podkreślić jednak trzeba, że obserwacje te muszą się wzajemnie uzupełniać i potwierdzać, gdyż dopiero wtedy można wyciągnąć właściwe wnioski.

Dla wyjaśnienia możliwości i sposobu prowadzenia wymienionych obserwacji zostaną one kolejno omówione.

### POZIOM WODY

Jak wiadomo, rozróżniamy dwa rodzaje poziomów wody: poziom nawiercony (dynamiczny) i ustalony

(statyczny). Kiedy zwierciadło jest swobodne, obydwa te poziomy są jednoznaczne, natomiast przy wodach o zwierciadle napiętym — poziom statyczny jest zupełnie różny od dynamicznego i wymaga przerwania wiercenia otworu dla ustalenia tego poziomu.

Przy wierceniu „na sucho”, tzn. metodami udarowymi, ustalenie tych dwóch rodzajów poziomów nie następuje prawie żadnych trudności. Występują one dopiero przy wierceniach obrotowych z użyciem płuczki łożowej albo w postaci czystej wody.

Przy użyciu płuczki wodnej nawiercony poziom wodonośny określa się pośrednio z obserwacji. Wskaźnikiem nawiercenia takiego poziomu jest, w przypadku wód o zwierciadle swobodnym lub niewielkim stosunkowo ciśnieniu złożowym, zwiększona a czasem całkowita ucieczka wody płuczkowej oraz nagła zmiana ciśnienia płuczki w czasie wiercenia. W przypadku nawiercenia wód o bardzo znacznym ciśnieniu sygnał stanowiąc będą zmiany ciśnienia płuczki. Zjawiska te mogą występować również przy zwiększonej lub nieco zmniejszonej przepuszczalności już uprzednio nawierconego horyzontu, albo przy nawierceniu warstw bezwodnych z dużą przepuszczalnością.

Ewentualność taką ustalić można dość łatwo, zatrzymując obieg płuczki wodnej. Jeżeli zostały nawiercone skały wodoprzepuszczalne, ale nie prowadzące wody, zaobserwuje się wtedy szybki spadek poziomu płuczki w otworze. Natomiast przy zwiększonej chłonności tej samej warstwy poziom wód płuczkowej ustali się na głębokości odpowiadającej statycznemu poziomowi nawierconego wcześniej horyzontu. Do tego samego stanu powróci zwierciadło przy dolewaniu lub odpompowaniu pewnej ilości wody.

Celem stwierdzenia, czy poziom wody jest ustalony (statyczny), należy wypompuwać z otworu płuczkę, oczyścić dno otworu ze szlamu i przeprowadzić obserwację wahaniami zwierciadła wody co 10—15 min. Jeżeli co najmniej trzy kolejne pomiary wykażą tę samą głębokość zwierciadła wody, to można przyjąć, że poziom statyczny został stwierdzony.

Przeprowadzenie obserwacji przy zastosowaniu w czasie wiercenia płuczki łożowej jest znacznie trudniejsze. Do wniosków hydrogeologicznych dochodzi się pośrednio poprzez obserwację następujących zjawisk:

1. Składu litologicznego przewierczanych skał.
2. Ciśnienia płuczki (podobnie jak przy użyciu czystej wody).
3. Zmian fizycznych własności płuczki (barwa, ciężar właściwy, lepkość), które występują przy nawierceniu wody.

Uważne obserwacje litologii przewierczanych warstw, zachowania się ciśnienia płuczki na przewodzie tłoczącym i w otworze, jak również zmian we własnościach fizycznych płuczki, pozwalają na wyciągnięcie wniosków co do nawierconego poziomu wody.

Wyniki tych obserwacji są tym dokładniejsze, im bardziej wodonośny jest nawiercony horyzont i im większe ma ciśnienie złożowe. Przy małym ciśnieniu wody i niewielkiej wodonośności poziomu zmiany te nie są znaczne i dlatego trudniej uchwytne.

Określenie ciężaru właściwego i lepkości płuczki przeprowadza się za pomocą powszechnie stosowanych w warunkach polowych aerometrów i wiskozymetrów.

Dla określenia statycznego poziomu wody nawier-

conego horyzontu należy zcerpać z otworu płuczkę (jeżeli nie grozi to poważniejszym zasypaniem odwiertu), przemyć otwór wodą i ewentualnie przepompować. Czynnności te jednak czasem zawodzą, zwłaszcza w skałach o małej wodoprzepuszczalności i niewielkim ciśnieniu wody. Tak więc przy wierceniu z płuczką ilową można wyciągnąć wnioski odnośnie do nawierconego i ustalonego (statycznego) poziomu tym dokładniejsze, im bardziej wodonośny jest nawiercony horyzont i im większe ma on ciśnienie. Wynika z tego, że znacznie wyższe poziomy wodonośne będą mogły być scharakteryzowane pod względem stanu dynamicznego i statycznego zwierciadła ich wody.

#### IŁOŚĆ PŁUCZKI WCHŁANIANEJ PRZEZ OTACZAJĄCE (PRZEWIERCONE) SKAŁY

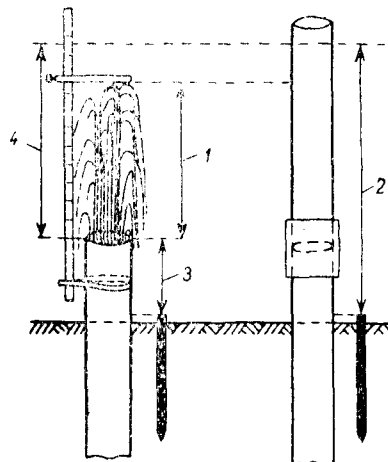
Obserwacje chłonności płuczki przez otaczającą skałę mają duże znaczenie, ponieważ charakteryzują wodoprzepuszczalność, a w związku z tym możliwą wodonośność skał. Dane te pozwalają ustalić stopień wodoprzepuszczalności poszczególnych odcinków otworu, a tym samym ustalić najbardziej korzystne odcinki dla ujęć wodnych albo najbardziej niebezpieczne strefy przy odwadnianiu. Obserwacje te dają tak ważne wyniki dla interpretacji warunków hydrogeologicznych, że całkowicie są uzasadnione i opłacalne pewne dodatkowe roboty związane z odpowiednim przygotowaniem urządzeń płuczkowych (np.: wykonanie dość szczelnego zbiornika na płuczkę) i niezbędnymi pomiarami ilości płuczki. Pomiary te polegają na ustalaniu wchodzących i wychodzących z otworu ilości płuczki.

Prostym i dość dokładnym sposobem pomiaru ucieczki jest włączenie dwu wodomierzy dostosowanych do takiej cieczy jak płuczka i orientacyjnych jej ilości. Różnica odczytów na wodomierzach daje wielkość straty płuczki w ciągu określonego czasu (na przykład na zmianę, godzinę itp.). W ostatecznym zestawieniu pomiaru te powinny być jednak odniesione do odpowiednich odcinków przewiercanych skał. Z tego też względu należy je wykonywać oddzielnie dla każdej warstwy skał. Porównanie wielkości strat płuczki w poszczególnych odcinkach otworu daje możliwość scharakteryzowania przepuszczalności skał na tych odcinkach.

Drugim równie dostatecznie prostym sposobem jest dokładny pomiar ilości płuczki oraz dodawanej wody i ilitu na początku i na końcu jakiegoś okresu czasu, np.: zmiany. Pomiaru dokonuje się w zbiorniku płuczkowym. Z tego względu powinna być wykluczona możliwość ucieczki płuczki i wody z tych zbiorników. Oczywiście nie mogą być wtedy ujęte straty wody zawartej w płuczce, a wyniki wskutek parowania. Jednocześnie kształt zbiorników powinien być prawidłowy, tj. taki, aby każdorazowo umożliwiał określenie objętości płynu z pomiaru jego poziomu. Konieczność orientacji w zakresie strat płuczki wynika z konieczności uzupełnienia płynu w zbiorniku podczas wiercenia. Dla uzupełnienia tych strat ilości dodawanej wody i ilitu są tym większe, im znaczniejsza jest ucieczka płuczki w przewiercane skały, a warunkowana ich wodoprzepuszczalnością. Zakłada się naturalnie, że jakość płuczki, tzn. głównie jej ciężar właściwy i wiskoza, pozostaje niezmienną. W przypadkach konieczności podwyższenia jej ciężaru lub wiskozy ze względu na warunki wiercenia, należy uwzględnić tę okoliczność przy analizie ilości dodawanej wody i ilitu oraz innych składników płuczki mającej na celu charakterystykę przepuszczalności skał. Przy pomiarze tym sposobem błąd pomiarów na podstawie danych z praktyki nie przekracza 10%, oczywiście przy dostatecznej szczelności zbiorników płuczkowych. Dopuszczalna ucieczka ze zbiornika nie powinna przewyższać  $2\frac{1}{2}$  l/godz. na 1 m<sup>2</sup> powierzchni płynu (tj. ca 20 mm słupa płynu). Dane cyfrowe zaczerpnięte z literatury radzieckiej.

Gdy w czasie wiercenia nastąpi samowypływ wody podziemnej, wiercenie należy przerwać dla przeprowadzenia takich obserwacji hydrogeologicznych, jak: głębokość otworu, przy którym nastąpił samowypływ, głębokość zarurowania, statyczny poziom wody, wydajność otworu przy samowypływie i danym poziomie dynamicznym, temperatura wody. Należy również pobrać próbkę wody do analizy.

Przy dalszym głębszym otworu należy notować głębokość otworu i zarurowania, przy której samowypływ zaniknie albo widocznie się zmniejszy.



Ryc. 1. Pomiar wysokości fontanny, statycznego i dynamicznego zwierciadła wody przy samowypływie. 1 — wysokość fontanny, 2 — wysokość statycznego zwierciadła wody, 3 — wysokość dynamicznego zwierciadła wody, 4 — depresja (różnica między statycznym a dynamicznym zwierciadłem wody).

Dla umożliwienia dokonania pomiaru poziomu statycznego wody przy samowypływie, dokręca się rury do takiej wysokości ponad powierzchnię terenu, przy której nie następuje wypływ, a zwierciadło wody stabilizuje się w rurach.

W przypadku występowania znacznych ciśnień wody, gdy dokręcenie jednego lub dwu odcinków rur nie pozwala na ustalenie się w nich zwierciadła wody, pomiar statycznego poziomu można wykonać za pomocą manometru.

Istotną rzeczą jest określenie wydajności otworu przy samowypływie, co można dokonywać różnymi metodami zależnie od jego wielkości.

Przy niedużym samowypływie, gdy woda jakby się przelewała tylko przez krawędź rury, pomiar wydajności wykonuje się w sposób opisany poniżej.

Z papy lub gumy wycina się okrągły kołnierz z otworem równym średnicy zewnętrznej rur w środku. Na zewnętrznej krawędzi kołnierza dobrze jest ponadto wykonać niewielkie trójkątne wycięcie, a to dla ułatwienia odpływu wody w jednym miejscu. Kołnierz ten trzeba następnie nałożyć na rury tak, aby jego zewnętrzny brzeg znajdował się na poziomie górnej krawędzi tych rur lub nieco wyżej. Woda przelewająca się przez rury na ten kołnierz powinna wypływać poza otwór tylko przez wspomniane wycięcie, pod które dla wykonania pomiaru wydajności podstawia się naczynie o znanej pojemności. Zmierzyć należy przy tym wysokość poziomu wypływu wody, tj. poziomu dynamicznego.

Znając pojemność naczynia i czas jego napełniania, łatwo ustalić wydajność przy określonym poziomie dynamicznym. Poziomym dynamicznym będzie wówczas odległość od ujścia otworu do poziomu wypływu wody, jak na załączonej rycinie. Przy silnym samowypływie, gdy woda wydostaje się z otworu w postaci fontanny, orientacyjną wydajność ustala się na podstawie pomiarów jej wysokości i średnicy

rury. Wielkość wydajności określa się albo wg specjalnych tabel, albo wg wzorów, jak np.:

$$Q = 11 d^2 \sqrt{f} \text{ l/sek.} \quad \dots \quad (1)$$

$$Q = 11 d^2 \sqrt{f (1 + 0,0013) \text{ l/sek.} \quad \dots \quad (2)$$

gdzie:

- d — wewnętrzna średnica rury w dcm
- f — wysokość fontanny w dcm (jak na ryc.)

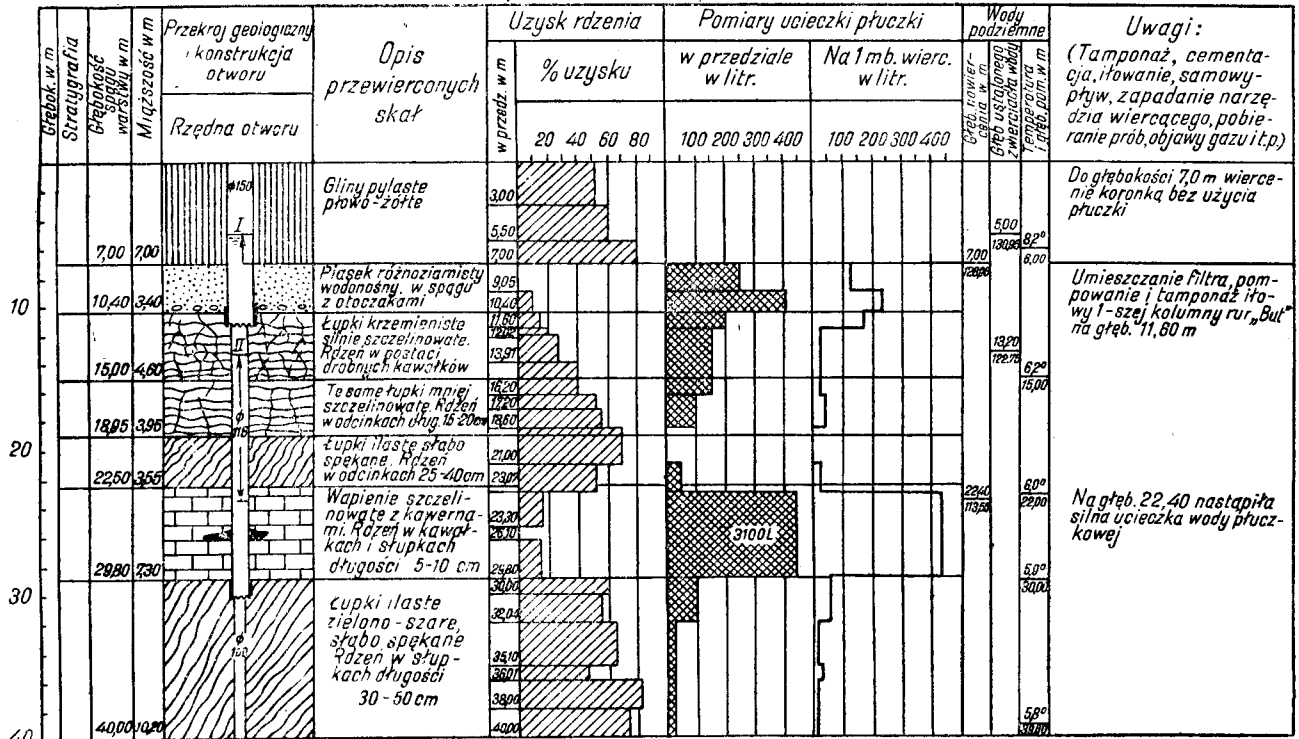
Wzór (1) zaleca się stosować przy „f” mniejszych od 50 dcm, a wzór (2) — przy większych od 50 dcm.

W przypadku występowania znacznie większych ciśnień wody wydajność otworu należy ustalać przy dwu do trzech różnych poziomach dynamicznych, tj. przy różnych wysokościach dokręcanych rur.

zwyczaj są bardzo wodoprzepuszczalne i wodonośne, dają przeważnie mniejszy uzysk rdzenia. Zestawienie procentowe uzysku rdzenia z wynikami obserwacji poziomów wód i ucieczką płuczki umożliwia ocenę pod względem wodonośności każdego odcinka przewierconego otworu. Dlatego też jest rzeczą bardzo istotną dla każdego marszu wiercenia obliczać uzysk rdzenia, nanosząc wyniki na odpowiednie wykresy.

Wyniki obserwacji w czasie wiercenia notuje się w raporcie wiertniczym i odpowiednich formularzach. Na podstawie tych danych technik nadzoru w polu powinien sporządzać bieżąco profil hydrogeologiczny

Współrzędne x . . . . . Azymut nachylenia . . . . .  
y . . . . .



Ryc. 2. Profil hydrogeologiczny otworu.

Strzałkami na rysunku konstrukcji otworu pokazane jest nawiercenie i ustalenie zwierciadła wody. Cyfry rzymskie przy strzałkach oznaczają nr wodonośnego poziomu.

**NAGLE, NIEPRZEWDZIANE SKOKI (ZAPADANIE) NARZĘDZIA WIERTNICZEGO**

Przy wierceniu wapieni, gipsów, dolomitu i innych skał spotykamy się nieraz ze zjawiskiem zapadania się narzędzi wiertniczych spowodowane napotkaniem kawern lub większych szczelin, często typu krasowego. Kawerny i szczeliny mają ogromne znaczenie w hydrogeologii, toteż jest rzeczą bardzo ważną odpowiednio notowanie występowania tych zjawisk.

Ponieważ szczeliny i kawerny często są wypełnione skalnym materiałem wtórnym, który co do twardości przeważnie różni się znacznie od skały otaczającej, należy więc notować i takie zjawiska. Nie powodują one wprawdzie zapadania się narzędzi, ale odgrywają ważną rolę przy ustalaniu warunków hydrogeologicznych, a są przy tym łatwe do stwierdzenia w czasie wiercenia.

**UZYSK RDZENIA**

Hydrogeologiczna interpretacja uzysku rdzenia daje możliwość oceny wodoprzepuszczalności i wodonośności przewierconych skał. Spokane skały, które za-

przewiercanego otworu, np. wg powyższego wzoru, umożliwiającego przejrzyste ujęcie stosunków wodnych stwierdzonych w czasie wiercenia.

Jak było wspomniane na wstępie — obserwacje te dotyczą wierceń surowcowych wierconych z płuczką łożową lub tzw. wodną, nie przeznaczonych do specjalnych badań hydrogeologicznych.

Podkreślić trzeba jednak, że właściwe wyniki uzyskać można tylko przy prowadzeniu wszystkich wymienionych obserwacji i ich łącznym rozpatrzeniu.

Jedynie wzajemnie potwierdzające się wnioski wysnuwane z poszczególnych spostrzeżeń mogą pozwolić na wytworzenie zblizonego do rzeczywistości obrazu warunków hydrogeologicznych istniejących w poszczególnych utworach.

Odrębnym zagadnieniem jest wykorzystanie dla hydrogeologii otworów surowcowych wierconych bez płuczki na sucho lub wykorzystanie wierceń obrotowych z płuczką, przeznaczonych dla badań hydrogeologicznych, jak np. próbne pompowanie, próbne zatapianie itd. Zagadnienie to poruszone zostanie oddzielnie.